

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез высокодисперсной порошковой композиции TiN–TiC с частичной заменой сажи на фторопласт

О.П. Пекарева

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. Использование карбида титана в сочетании с нитридом титана дает соединение TiCN. Ti(C,N), твердый раствор TiN и TiC, сочетает в себе свойства как TiC, так и TiN и имеет одинаковую кристаллическую структуру и схожие внешние валентные электронные конфигурации [1, 2] и применяется в качестве армирующего материала в ТМС, который может обеспечить высокую твердость, хорошую термическую стабильность и совместимость с Ti [3].

В данной работе для получения композиции TiN–TiC применен метод азидного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Технология СВС является новой технологией синтеза для порошковых материалов. Метод позволяет производить большое количество высокодисперсных и наноразмерных порошков с высокой чистотой и хорошим выходом чистого целевого продукта синтеза [4].

Цель — проведение исследования по применению активирующей добавки фторопласта (C_2F_4) и использование галоидной соли $(NH_4)_2TiF_6$ для получения высокодисперсной порошковой композиции TiN–TiC методом СВС–Аз.

Методы. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез представляет собой реакцию экзотермического взаимодействия двух или нескольких химических элементов, протекающую в режиме направленного горения [4].

Результаты. Для проведения синтеза методом СВС–Аз были выбраны системы с галоидной солью «Ti– NaN_3 – $(NH_4)_2TiF_6$ –C» и система с активирующей добавкой в виде фторопласта «Ti– NaN_3 –C– C_2F_4 » для соотношения целевых фаз 1:4 (TiN:4TiC).

С помощью программы «Thermo» [5] был произведен анализ протекания реакций горения, который показал возможность образования целевой композиции TiN–TiC. По результатам термодинамического анализа, адиабатическая температура горения варьировалась от 2297 до 3289 К, энтальпия реакции от –1503 до –2658 КДж. Эксперименты проводились в лабораторном реакторе СВС–Аз в атмосфере азота при максимальном давлении 3 МПа.

В результате эксперимента, с частичной заменой доли сажи (C) на фторопласт (C_2F_4) в уравнении, температура горения увеличивается, а энтальпия реакции снижается, что согласуется с расчетами термодинамического анализа.

По результатам рентгенофазового и количественного анализа в уравнениях, где нет галоидной соли $(NH_4)_2TiF_6$ и часть сажи (C) была заменена на фторопласт, дают нужные нам фазы 47 % — TiN и 53 % — TiC без побочных продуктов.

Выводы. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза позволила синтезировать керамические, высокодисперсные порошковые композиции TiN–TiC заданного состава. В ходе эксперимента установлено, что использование галоидной соли $(NH_4)_2TiF_6$ в реакциях позволяет получить мелкие частицы с размером частиц от 150 до 300 нм и крупные в пределах 1 мкм, однако преимущественно образуется нитридная фаза. В другом случае, где в уравнении часть углерода была заменена на фторопласт, количественный рентгенофазовый анализ показал увеличение карбидной фазы, которая близка к теоретическому значению. Результаты РЭМ показали образования высокодисперсных субмикронных равноосных мелких частиц размером 100–300 нм и крупных в пределах 1 мкм.

Ключевые слова: самораспространяющийся высокотемпературный синтез; галоидная соль; фторопласт; сажа; карбид титана; нитрид титана; нитридно-карбидная композиция.

Список литературы

1. Sun Q., Wang Z., Yang J., et al. High-performance TiN reinforced Sialon matrix composites: a good combination of excellent toughness and tribological properties at a wide temperature range // *Ceram Int.* 2018. N 44. P. 17258–17265. doi: 10.1016/j.ceramint.2018.06.185
2. Mari D., Bolognini S., Viatte T., Benoit W. Study of the mechanical properties of TiCN-WC-CO hardmetals by the interpretation of internal friction spectra // *Int J Refract Met Hard Mater.* 2001. N 19. P. 257–265. doi: 10.1016/S0263-4368(01)00037-3
3. Yun E., Lee K., Lee S. Correlation of microstructure with high-temperature hardness of (TiC,TiN)/Ti-6Al-4V surface composites fabricated by high-energy electron-beam irradiation // *Surf Coat Technol.* 2005. Vol. 191, N 1. P. 83–89. doi: 10.1016/j.surfcoat.2004.02.040 EDN: MCWZNZ
4. Амосов А.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов. Москва: Машиностроение-1, 2007. 567 с. EDN: OWGPCL
5. Shiryayev A., *Int. J. Self-Propag. High-Temp. Synth.* 1995, Vol. 4, No. 4. P. 351.

Сведения об авторе:

Ольга Павловна Пекарева — бакалавр, 4-ФММТ-106; факультет машиностроения, металлургии и транспорта; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: pekarevaolga07@gmail.com

Сведения о научном руководителе:

Юлия Владимировна Титова — доцент, кандидат технических наук; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: titova600@mail.ru